

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Menschliche Zuverlässigkeit
Methoden zur quantitativen Bewertung
menschlicher Zuverlässigkeit
Human reliability
Methods for quantitative assessment
of human reliability

VDI 4006
Blatt 2 / Part 2

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this standard shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung	2	Preliminary note.....	2
Einleitung.....	2	Introduction.....	2
1 Anwendungsbereich.....	3	1 Scope.....	3
2 Normative Verweise.....	4	2 Normative references.....	4
3 Begriffe.....	4	3 Terms and definitions.....	4
4 Abkürzungen.....	5	4 Abbreviations.....	5
5 Generelles Vorgehen.....	6	5 General procedure.....	6
6 Festlegen des zu bewertenden Systems.....	6	6 Definition of the system to be assessed.....	6
6.1 Randbedingungen der Analyse.....	6	6.1 General conditions of the analysis.....	6
6.2 Qualitätsparameter der Analyse.....	7	6.2 Quality parameters of the analysis.....	7
6.3 Geltungsbereich der Analyse.....	9	6.3 Scope of the analysis.....	9
6.4 Analysetiefe.....	12	6.4 Depth of analysis.....	12
7 Qualitative Analyse der Aufgaben.....	13	7 Qualitative analysis of the tasks.....	13
7.1 Informationssammlung.....	14	7.1 Collection of information.....	14
7.2 Analyse der zu bewertenden Aufgaben....	15	7.2 Analysis of the tasks to be assessed.....	15
7.3 Identifikation möglicher menschlicher Fehlhandlungen.....	17	7.3 Identification of possible human errors.....	17
7.4 Identifikation der wirksamen leistungsbeeinflussenden Faktoren.....	17	7.4 Identification of effective performance-shaping factors.....	17
7.5 Identifikation möglicher Fehlerkorrekturen.....	22	7.5 Identification of possible error corrections.....	22
7.6 Zusammenfassung der Ergebnisse der Aufgabenanalyse.....	25	7.6 Summary of the results of the task analysis.....	25
8 Quantitative Vorhersage.....	27	8 Quantitative forecast.....	27
8.1 Versagensereignisse.....	28	8.1 Failure events.....	28
8.2 Kenngrößen für menschliche Zuverlässigkeit.....	28	8.2 Parameters for human reliability.....	28
8.3 Prädiktive Quantifizierungsmethoden.....	31	8.3 Predictive quantification methods.....	31
8.4 Auswahl von Quantifizierungsverfahren.....	38	8.4 Selection of quantification methods.....	38
9 Wertung und Dokumentation der Ergebnisse.....	41	9 Evaluation and documentation of results.....	41
Schrifttum.....	42	Bibliography.....	42

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP)
Fachbereich Sicherheit und Zuverlässigkeit

VDI-Handbuch Zuverlässigkeit

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi.de/richtlinien), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/4006.

Einleitung

Diese Richtlinie stellt Methoden vor, mit deren Hilfe die quantitative Bewertung menschlichen Handelns im technischen Umfeld durchgeführt werden kann. Ausgehend von den Zielen, die mit einer solchen Bewertung verfolgt werden, wird die grundsätzliche Vorgehensweise der Bewertung der menschlichen Zuverlässigkeit, die als HRA (Human Reliability Assessment) bezeichnet wird, unabhängig von einer einzelnen Methode erläutert.

Vielfach besteht die Notwendigkeit, die Sicherheit und Verfügbarkeit eines technischen Systems mithilfe einer sogenannten probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA) quantitativ zu bewerten. Ein wesentlicher Aspekt in einer PSA ist die Analyse und quantitative Bewertung menschlicher Handlungen.

Eine Bewertung menschlicher Handlungen kann auch erforderlich sein, um verschiedene ergonomische oder organisatorische Lösungen gegeneinander abzuwägen.

Sie ermöglicht Aussagen darüber,

- a) wie hoch die Sicherheit und Verfügbarkeit eines technischen Systems unter Berücksichtigung menschlicher Eingriffe ist (z. B. um die Gesamtsicherheit des Systems zu beurteilen),
- b) welches Ausmaß menschliche Fehlhandlungen z. B. in Relation zu technischen Fehlern annehmen (z. B. um zu beurteilen, ob ein Zuverlässigkeits- oder Verfügbarkeitsgewinn durch Verbesserungen aufseiten der Technik oder aufseiten der Eingriffsmöglichkeiten durch den Menschen erreicht werden kann),

Preliminary note

The content of this standard has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the standard VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this standard without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions (www.vdi.de/richtlinien) specified in the VDI Notices.

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this standard.

A catalogue of all available parts of this series of standards can be accessed on the Internet at www.vdi.de/4006.

Introduction

This standard presents methods for the quantitative assessment of actions in technical environments. Starting from the objectives pursued by such an assessment, the basic procedure for assessing human reliability, referred to as HRA (Human Reliability Assessment), is described independently of one particular method.

In many cases there is a need to assess quantitatively the safety and availability of a technical system with the aid of a so-called probabilistic safety analysis (PSA). One essential aspect in a PSA is the analysis and quantitative assessment of human actions.

An assessment of human actions might also be required in order to weight various ergonomic or organizational solutions against each other.

It yields information about

- a) how high the safety and availability of a technical system is, taking into account human interventions (for example, in order to gauge the overall safety of the system)
- b) the extent to which human errors can occur, e.g., in relation to technical errors (for example, to see whether a gain in reliability or availability can be achieved by improvements on the part of the technology or on the part of possible interventions by humans),

- c) in welcher Relation das Potenzial für eine bestimmte menschliche Fehlhandlung zum Potenzial einer anderen menschlichen Fehlhandlung steht (z.B. um zu beurteilen, welche Eingriffsmöglichkeiten durch den Menschen vornehmlich zu verbessern sind, damit ein Zuverlässigkeits- oder Verfügbarkeitsgewinn erreicht wird) und
- d) welche Möglichkeiten zur Erhöhung der Sicherheit und Zuverlässigkeit am effektivsten sind (z.B. Systemänderungen, ergonomische Gestaltung, Verbesserungen der technischen Dokumentation oder Veränderungen im Bereich der Organisation).

Zur Durchführung einer Bewertung menschlicher Zuverlässigkeit können verschiedene Methoden verwendet werden, die als HRA-Methoden bezeichnet werden. Nach der Definition der Problemstellungen müssen in einer qualitativen Analyse komplexe Handlungsabläufe in bewertbare Einzelschritte zergliedert werden. Darauf aufbauend bildet die Identifikation von Fehlermöglichkeiten und deren Einflussfaktoren die Voraussetzung für die folgende Quantifizierung. Eine weitere wesentliche Grundlage für ein erfolgreiches HRA ist neben der angewendeten Methodik die Qualität des verwendeten Datenmaterials. Die Eigenschaften der Zuverlässigkeitskenngrößen werden deshalb vorgestellt und unterschiedliche Datenquellen werden angesprochen.

1 Anwendungsbereich

Die Sicherheit und Verfügbarkeit eines technischen Systems oder die Qualität eines Produkts kann entscheidend durch Handlungen des Menschen bei Führung, Regelung oder Wartung der technischen Prozesse beeinflusst werden. Für eine umfassende Analyse eines technischen Systems ist es deshalb wichtig, sich nicht nur auf die technischen Komponenten zu beschränken, sondern auch den Einfluss des Menschen zu berücksichtigen. Durch die Betrachtung eines technischen Systems als Mensch-Maschine-System (MMS) wird dem Rechnung getragen (siehe VDI 4006 Blatt 1; [1]).

Aufgabe des HRA ist es dabei,

- menschliche Handlungen qualitativ zu analysieren und mögliche Fehlhandlungen zu identifizieren,
- Schwachstellen zu identifizieren und damit die Voraussetzung für geeignete Abhilfemaßnahmen zu schaffen,
- die Zuverlässigkeit der menschlichen Handlung zu quantifizieren, um so u.a. die Wirksamkeit von Abhilfe- bzw. Gegenmaßnahmen (z.B. ei-

- c) the relation in which the potential for one particular human error stands to the potential of another human error (for example, to see what intervention possibilities on the part of humans should primarily be improved in order to obtain a gain in reliability or availability), and
- d) which possibilities for increasing safety and reliability are the most effective (for example, system modifications, ergonomic design, improvements in technical documentation or changes in the field of organisation).

Various methods can be used to perform an assessment of human reliability; these are known as HRA methods. In a qualitative analysis, once the problem has been defined, complex sequences of actions must be broken down into assessable individual steps. On this basis the identification of error possibilities and their influencing factors establishes the precondition for the quantification which follows. Another essential foundation of a successful HRA is the quality of the data material in addition to the methodology applied. For this reason the properties of reliability parameters will be presented and different data sources addressed.

1 Scope

The safety and availability of a technical system or the quality of a product can be decisively affected by human actions in the management, control and maintenance of technical processes. For a comprehensive analysis of a technical system, it is therefore important not to limit oneself exclusively to the technical components but to take human influence into consideration. This is taken into account by regarding a technical system as a man-machine system (MMS) (see VDI 4006 Part 1; [1]).

Here, the task of the HRA is

- to analyse human actions qualitatively and to identify possible erroneous actions,
- to identify points of weakness and thus create the conditions for appropriate remedial measures,
- to quantify the reliability of human action so as to be able to estimate among other things the effectiveness of remedial measures and counter-

nen Sicherheitsgewinn) innerhalb des Gesamtsystems einzuschätzen.

Ziel des HRA ist somit eine Einschätzung der menschlichen Zuverlässigkeit und Verbesserung der Voraussetzung für zuverlässiges Handeln des Menschen im technischen System und damit letztlich auch eine Steigerung der Verfügbarkeit des technischen Systems durch Verringerung des Fehlerpotenzials des Menschen innerhalb des Gesamtsystems.

Die Zuverlässigkeit des Menschen wird hier immer im Zusammenhang mit dem technischen System gesehen („Systemkomponente Mensch“); der Aspekt des menschlichen Verschuldens ist nicht Gegenstand des HRA [2].

2 Normative Verweise

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

VDI 4006 Blatt 1:2015-03 Menschliche Zuverlässigkeit; Ergonomische Forderungen und Methoden der Bewertung

VDI 4006 Blatt 3:2013-08 Menschliche Zuverlässigkeit; Methoden zur Ereignisanalyse

measures (for example, a gain in safety) within the overall system.

The aim of the HRA is thus to make an estimate of human reliability and to create an improvement in the conditions required for reliable human action in the technical system, and thus ultimately even to increase the availability of the technical system by reducing the potential for error of the human being within the overall system.

The reliability of the individual is thus always seen in relation to the technical system (“man as system component”); the aspect of human culpability is not a concern of the HRA [2].

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this standard:

VDI 4006 Part 1:2015-03 Human reliability; Ergonomic requirements and methods of assessment

VDI 4006 Part 3:2013-08 Human reliability; Methods for event analysis regarding human behaviour